

**ФГБОУ ВПО
«Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»**

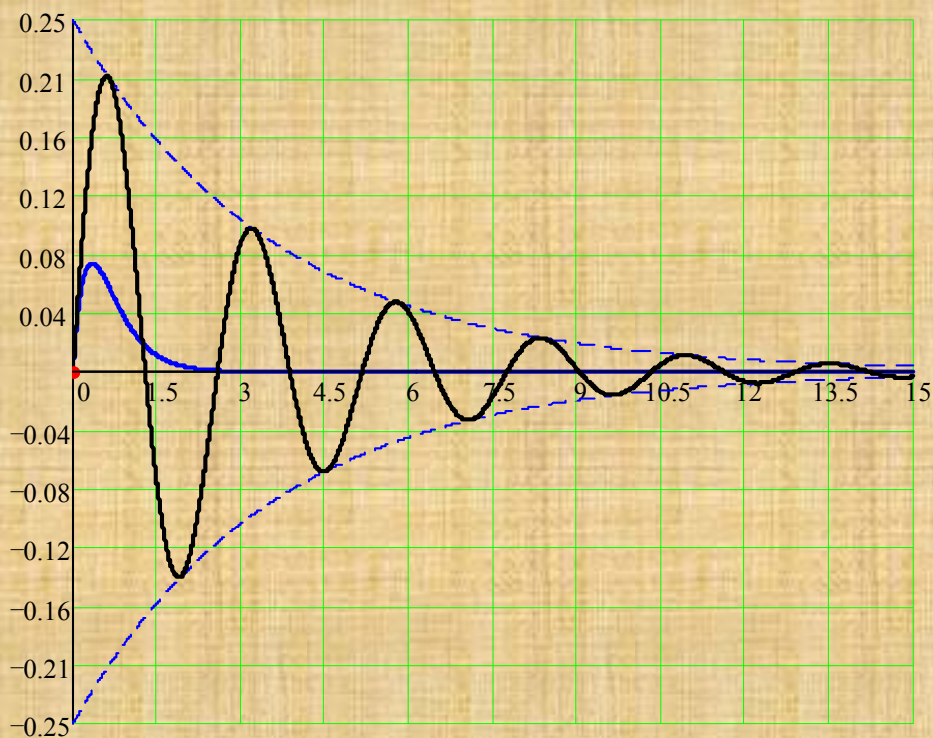
Факультет специальных технологий

Кафедра теоретической механики и механики машин

К. А. Мухопад

**Исследование затухающих колебаний
материальной точки**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по теоретической механике



Барнаул 2015

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Факультет специальных технологий

Кафедра теоретической механики и механики машин

К. А. Мухопад

**Исследование затухающих колебаний
материальной точки**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по теоретической механике

Барнаул 2015

УДК 534.014.1(075.5)

Мухопад, К.А. Исследование затухающих колебаний материальной точки. Методические указания к выполнению лабораторной работы по теоретической механике / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Типография АлтГТУ, 2015. – 21 с.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению лабораторной работы «Исследование свободных колебаний материальной точки» по дисциплине «Теоретическая механика» для студентов очной, вечерней и заочной форм обучения направлений 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», 15.03.01 «Машиностроение», 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры теоретической механики и механики машин АлтГТУ. Протокол № 6 от 30.03.2015

Содержание

1 Цель и задачи работы	4
2 Теоретическое обоснование работы	4
3 Описание лабораторной работы	5
4 Порядок выполнения лабораторной работы	6
5 Варианты заданий	12
6 Требования к отчету о лабораторной работе	17
7 Контрольные вопросы	18
Список литературы	18
Приложение А (обязательное). Форма титульного листа отчета по лабораторной работе	20

1 Цель и задачи работы

Целью лабораторной работы является получение и усвоение студентами знаний по теме «Исследование затухающих колебаний материальной точки» в рамках дисциплины «Теоретическая механика».

В задачи лабораторной работы входят:

- приобретение навыков составления математической модели с использованием II закона Ньютона на примере затухающих колебаний материальной точки;
- ознакомление с основными параметрами, характеризующими затухающие колебания;
- приобретение навыков решения дифференциальных уравнений, описывающих затухающие колебания материальной точки;
- приобретение навыков анализа графической информации, описывающей затухающие колебания материальной точки.

2 Теоретическое обоснование работы

Необходимо отметить, что колебания во всем их многообразии играют очень важную роль в современной технике. Практически любая область техники имеет дело с колебательными процессами. Академик Н.Д. Папалекси писал: «Не будет, вероятно, преувеличением сказать, что среди процессов, как свободно протекающих в природе, так и используемых в технике, колебания, понимаемые в широком смысле этого слова, занимают во многих отношениях выдающееся, часто первенствующее место» [4]. Колебания окружают человека повсюду - колебания совершают внутренние органы человека, машины и механизмы, здания и сооружения. При этом надо понимать, что колебательные процессы могут быть как вредными, а иногда даже опасными (разрушение конструкций, вредное физиологическое воздействие на человека, колебания Шимми), так и полезными, и целенаправленно применяться в современных технологиях. Также необходимо помнить, что в любых механических системах присутствует сопротивление движению элементов системы, которое реализуется в виде трения скольжения, трения качения или вязкого сопротивления.

Влияние сил сопротивления на механические системы, совершающие колебания, проявляется многогранно – все зависит от параметров самой колебательной системы и природы сил сопротивления, действующих на механическую систему.

В лабораторной работе № 2 будет рассмотрен вариант, когда на колебательную систему действует сила вязкого сопротивления пропорциональная первой степени скорости. Проводится оценка влияния вязкого сопротивления на характер движения системы.

В ходе выполнения данной лабораторной работы необходимо научиться определять параметры, характеризующие затухающие колебания, а именно:

- 1) закон, по которому происходит колебательное движение;

- 2) временные характеристики колебательного процесса;
- 3) максимальное отклонение от положения равновесия;
- 4) параметры, определяющие специфику затухающих колебаний.

Лабораторная работа выполняется с использованием средств вычислительной техники. В частности, на кафедре теоретической механики и механики машин АлтГТУ им. И.И. Ползунова разработан комплекс программ в среде MathCAD, позволяющий моделировать колебательные процессы с учетом задаваемых параметров колебательной системы.

3 Описание лабораторной работы

Задания по вариантам для выполнения лабораторной работы приводятся в разделе 4, а исходные данные приведены в таблицах 1 и 2.

Рассматривается механическая система, состоящая из груза массой m , одного или двух упругих элементов и демпфирующего устройства. Груз заменяется моделью в виде материальной точки, которая приводится в движение в соответствие с заданными начальными условиями. В ходе выполнения данной лабораторной работы необходимо определить:

- 1) частоту затухающих колебаний;
- 2) период затухающих колебаний;
- 3) амплитуду затухающих колебаний;
- 4) начальную фазу затухающих колебаний;
- 5) закон колебательного движения;
- 6) декремент колебаний;
- 7) логарифмический декремент колебаний;
- 8) время релаксации;
- 9) добротность колебательной системы;
- 10) фазовый портрет.

Полученные числовые значения параметров колебаний проверяются у преподавателя. С помощью компьютерной программы моделируется процесс колебаний груза на основании введенных исходных данных и строятся графики колебаний и фазовый портрет. При выполнении лабораторной работы приветствуется самостоятельное построение графиков колебаний с использованием таких программ, как, например, Microsoft Excel, MathCAD, Matlab, SciLab и др.

Основные формулы из теории затухающих колебаний:

$\ddot{x} + 2n \cdot \dot{x} + k^2 \cdot x = 0$ - дифференциальное уравнение затухающих колебаний,

$x = A_0 \cdot e^{-n \cdot t} \cdot \sin(k_1 t + \beta)$ - закон (уравнение) затухающих колебаний,

$k = \sqrt{\frac{c}{m}}$ - циклическая частота свободных (собственных) колебаний

точки,

$n = \frac{\mu}{2m}$ - коэффициент сопротивления (затухания),

μ - коэффициент вязкого сопротивления,

$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$ - циклическая частота затухающих колебаний,

$T_1 = \frac{2\pi}{k_1}$ - период затухающих колебаний,

$A_0 = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{\dot{x}_0 + n \cdot x_0}{k_1}\right)^2}$ - максимально возможное отклонение точки от

положения равновесия,

$A_0 \cdot e^{-n \cdot t}$ - амплитуда затухающих колебаний,

$(k_1 \cdot t + \beta)$ - фаза колебаний,

$\beta = \arctg\left(\frac{x_0 k_1}{\dot{x}_0 + n \cdot x_0}\right)$ - начальная фаза колебаний.

Ниже рассматривается порядок выполнения лабораторной работы на примере типового варианта.

4 Порядок выполнения лабораторной работы

Задание.

Необходимо описать колебания груза массой m (рис. 1), прикрепленного к двум пружинам и демпфирующему устройству. Масса груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления, а также начальные условия заданы.

1. Определите частоту k_1 , период T_1 затухающих колебаний, максимальное отклонение точки от положения равновесия A_0 , декремент колебаний D , логарифмический декремент колебаний $|\ln D|$, время релаксации τ , добротность колебательной системы Q . Постройте график колебаний, на котором укажите период T_1 и начальное положение точки.

2. Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало апериодическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

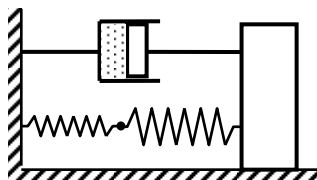


Рисунок 1 – Колебательная система

Исходные данные.

$m = 1,2$ кг, $c_1 = 160$ Н/м, $c_2 = 40$ Н/м, $\mu = 1,6$ Н·с/м, $x_0 = -0,2$ м, $V_0 = 1,2$ м/с.

Решение 1.

Строим расчетную схему (рис. 2). Так как колебания груза (точки) происходят вдоль горизонтальной поверхности, то координатную ось направляем по горизонтали, например, вправо.

Выбираем на оси начало отсчета (точка O). Этому положению соответствует положение статического равновесия груза. Для приведенной схемы статическое равновесие соответствует недеформированным пружинам.

Показываем на оси начальное положение точки (точка M_0) и начальную скорость – эти данные выбираем из таблицы данных.

Показываем текущее положение точки (точка M).

На схеме в текущем положении изображаем действующие на точку силы. В нашем случае это сила упругости $\vec{F}_{\text{упр}}$, сила тяжести \vec{G} , нормальная реакция гладкой поверхности \vec{N} и сила вязкого сопротивления \vec{R} .

Так как две пружины «подключены» последовательно, то коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен $c_{\text{экр}} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$.

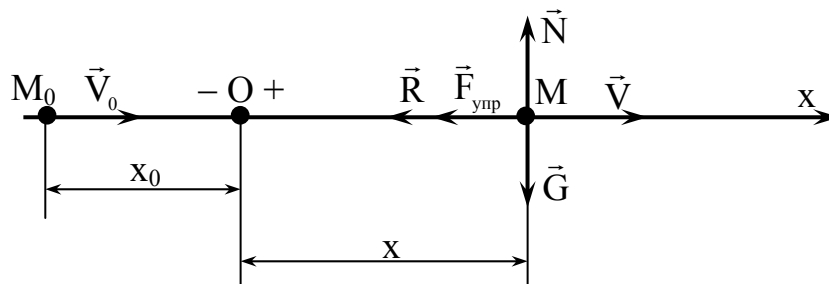


Рисунок 2 – Расчетная схема

Записываем второй закон динамики точки (закон Ньютона) сначала в векторной форме:

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{G} + \vec{N} + \vec{R},$$

тогда в проекциях на ось Oх

$$m\ddot{x} = -F_{\text{упр}} - R,$$

где $F_{\text{упр}} = c_{\text{экр}} \cdot \Delta$ - сила упругости,

Δ - деформация пружины (на приведенной схеме она соответствует координате x),

$R = \mu \cdot V = \mu \cdot \dot{x}$ - сила вязкого сопротивления.

Тогда

$$m_1 \ddot{x} = -c_{\text{экр}} \cdot x - \mu \cdot \dot{x},$$

$$\ddot{x} + \frac{\mu}{m} \cdot \dot{x} + \frac{c_{\text{экр}}}{m} \cdot x = 0$$

или

$$\ddot{x} + 2n \cdot \dot{x} + k^2 \cdot x = 0.$$

Таким образом получили дифференциальное уравнение, описывающее движение материальной точки с учетом вязкого сопротивления, где $k = \sqrt{\frac{c_{\text{ЭКВ}}}{m}}$ - циклическая частота свободных (собственных) колебаний точки, $n = \frac{\mu}{2m}$ - коэффициент сопротивления (затухания).

Если $n < k$, то получаем случай малого сопротивления, при котором движение точки представляет собой затухающие колебания.

В этом случае решение дифференциального уравнения имеет вид

$$x = e^{-n \cdot t} \cdot (C_1 \cdot \cos(k_1 \cdot t) + C_2 \cdot \sin(k_1 \cdot t)),$$

где C_1, C_2 - постоянные интегрирования,

$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$ - циклическая частота затухающих колебаний,

или в амплитудной форме

$$x = A_0 \cdot e^{-n \cdot t} \cdot \sin(k_1 t + \beta),$$

где A_0 - максимально возможное отклонение точки от положения равновесия,

$A_0 \cdot e^{-n \cdot t}$ - амплитуда затухающих колебаний,

$(k_1 \cdot t + \beta)$ - фаза колебаний,

β - начальная фаза колебаний.

Определим параметры затухающих колебаний с учетом исходных данных:

$$c_{\text{ЭКВ}} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2} = \frac{160 \cdot 40}{160 + 40} = 32 \text{ Н/м},$$

$$k = \sqrt{\frac{c_{\text{ЭКВ}}}{m}} = \sqrt{\frac{32}{1,2}} = 5,16 \text{ рад/с},$$

$$n = \frac{\mu}{2m} = \frac{1,5}{2 \cdot 1,2} = 0,625 \text{ рад/с},$$

$n < k$ - случай малого сопротивления,

$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2} = \sqrt{5,16^2 - 0,625^2} = 5,12 \text{ рад/с},$$

$$A_0 = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{\dot{x}_0 + n \cdot x_0}{k_1}\right)^2} = \sqrt{(-0,2)^2 + \left(\frac{1,2 + 0,625 \cdot (-0,2)}{5,12}\right)^2} = 0,29 \text{ м},$$

$$\beta = \arctg\left(\frac{x_0 k_1}{\dot{x}_0 + n \cdot x_0}\right) = \arctg\left(\frac{-0,2 \cdot 5,12}{1,2 + 0,625 \cdot (-0,2)}\right) = -0,7611 \text{ рад},$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{k_1} = \frac{2\pi}{5,12} = 1,23 \text{ с}.$$

Тогда уравнение колебаний точки принимает вид

$$x = 0,29 \cdot e^{-0,625 \cdot t} \cdot \sin(5,12 \cdot t - 0,7611) \text{ м.}$$

Графическая интерпретация полученного уравнения колебаний представлена на рис. 3.

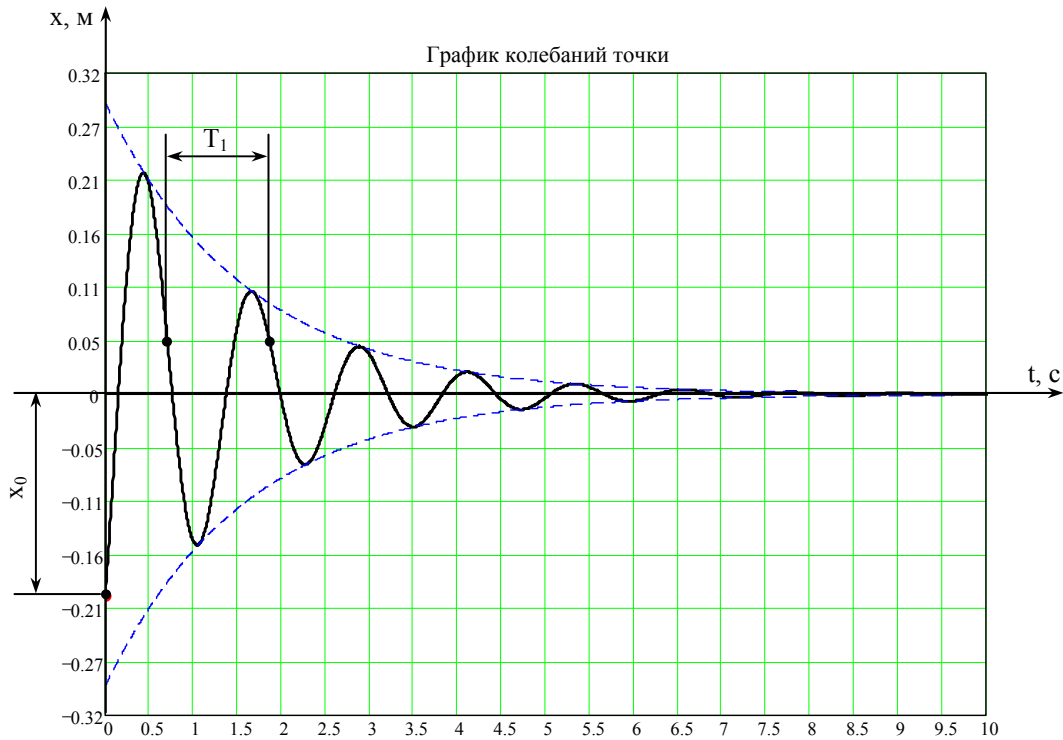


Рисунок 3 – График затухающих колебаний точки

Фазовый портрет точки, совершающей затухающие колебания, представлен на рис. 4.

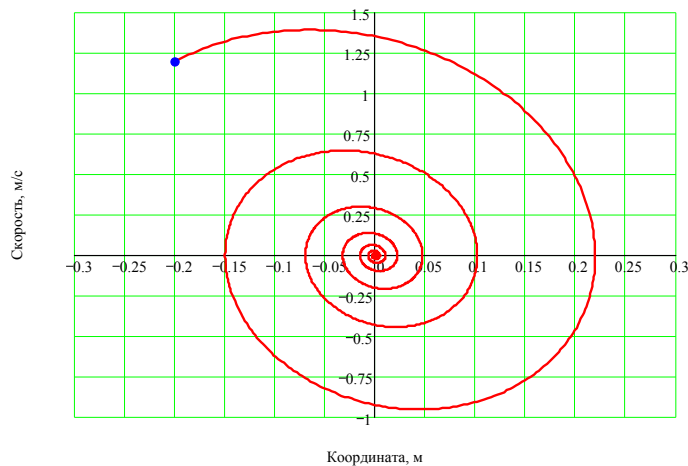


Рисунок 4 – Фазовый портрет точки

Определяем декремент колебаний

$$D = e^{-n \cdot T_1} = e^{-0,625 \cdot 1,23} = 0,464$$

и логарифмический декремент колебаний

$$|\ln D| = n \cdot T_1 = 0,625 \cdot 1,23 = 0,769.$$

Определяем время релаксации

$$\tau = \frac{1}{\left(\frac{\mu}{2m}\right)} = \frac{1}{n} = \frac{1}{0,625} = 1,6 \text{ с.}$$

Определяем добротность колебательной системы

$$Q = \frac{\pi}{|\ln D|} = \frac{\pi}{0,769} = 4,08.$$

Величина добротности очень маленькая – это говорит о том, что убывание колебаний происходит очень быстро.

Решение 2.

Для того чтобы движение точки при наличии вязкого сопротивления стало апериодическим, необходимо выполнить одно из двух условий:

$n > k$ – случай большого сопротивления,

или

$n = k$ – случай критического сопротивления.

Например, увеличим коэффициент вязкого сопротивления μ , чтобы получить случай большого сопротивления.

$$n = \frac{\mu}{2m}, \quad \frac{\mu}{2m} > k, \quad \mu > 2m \cdot k$$

или

$\mu > 2 \cdot 1,2 \cdot 5,16$, т.е для реализации апериодического движения необходимо удовлетворить условие $\mu > 12,384 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$.

Примем $\mu = 20 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ (случай большого сопротивления), тогда уравнение движения точки принимает вид

$$x = e^{-n \cdot t} \cdot (C_1 \cdot e^{k_1 \cdot t} + C_2 \cdot e^{-k_1 \cdot t}),$$

где

$$n = \frac{\mu}{2m} = \frac{20}{2 \cdot 1,2} = 8,33 \text{ рад/с}$$

и

$$k_1 = \sqrt{n^2 - k^2} = \sqrt{8,33^2 - 5,16^2} = 6,54 \text{ рад/с.}$$

Для определения постоянных интегрирования C_1 и C_2 составим еще одно уравнение – уравнение, характеризующее изменение скорости точки:

$$\dot{x} = -n \cdot e^{-n \cdot t} \cdot (C_1 \cdot e^{k_1 \cdot t} + C_2 \cdot e^{-k_1 \cdot t}) + e^{-n \cdot t} \cdot (C_1 \cdot k_1 \cdot e^{k_1 \cdot t} + C_2 \cdot (-k_1) \cdot e^{-k_1 \cdot t}).$$

Используем начальные условия: $t = 0$, $x_0 = -0,2 \text{ м}$, $\dot{x}_0 = 1,2 \text{ м/с}$.

$$-0,2 = e^{-8,33 \cdot 0} \cdot (C_1 \cdot e^{6,54 \cdot 0} + C_2 \cdot e^{-6,54 \cdot 0}) = C_1 + C_2,$$

$$1,2 = -8,33 \cdot e^{-8,33 \cdot 0} \cdot (C_1 \cdot e^{6,54 \cdot 0} + C_2 \cdot e^{-6,54 \cdot 0}) + e^{-8,33 \cdot 0} \cdot (C_1 \cdot 6,54 \cdot e^{6,54 \cdot 0} + C_2 \cdot (-6,54) \cdot e^{-6,54 \cdot 0}) = -8,33 \cdot (C_1 + C_2) + 6,54 \cdot (C_1 - C_2),$$

тогда

$$C_2 = -C_1 - 0,2,$$
$$1,2 = -8,33 \cdot (-0,2) + 6,54 \cdot (C_1 + C_1 + 0,2),$$

и

$$C_1 = \left(\frac{1,2 - 8,33 \cdot 0,2}{6,54} - 0,2 \right) / 2 = -0,14,$$

$$C_2 = -(-0,14) - 0,2 = -0,06.$$

Уравнение движения точки в случае большого сопротивления принимает вид

$$x = e^{-8,33 \cdot t} \cdot (-0,14 \cdot e^{6,54 \cdot t} - 0,06 \cdot e^{-6,54 \cdot t}) \text{ м.}$$

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 5.

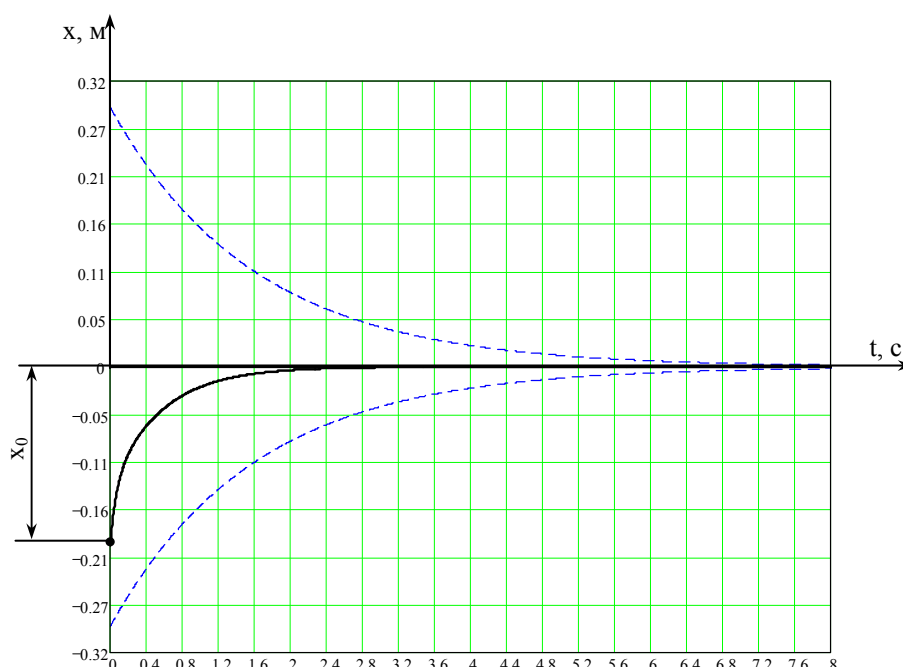


Рисунок 4 – График аperiodического движения точки

Выводы:

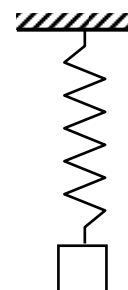
- 1) наличие вязкого сопротивления при колебаниях точки может приводить либо к периодическому уменьшению отклонения точки от положения равновесия (затухающие колебания), либо к аperiodическому движению;
- 2) частота затухающих колебаний k_1 меньше частоты свободных колебаний k ;
- 3) период затухающих колебаний T_1 больше периода свободных колебаний T ;
- 4) уменьшение максимальных отклонений точки от положения равновесия характеризуется декрементом колебаний D .

5 Варианты заданий

Примечание: на всех схемах необходимо добавить демпфирующее устройство, создающее вязкое сопротивление.

Вариант 1

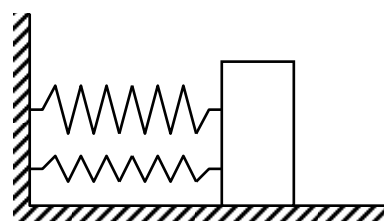
Опишите колебания груза, подвешенного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 2

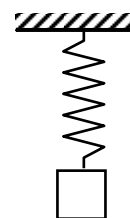
Опишите колебания груза, прикрепленного к двум пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 3

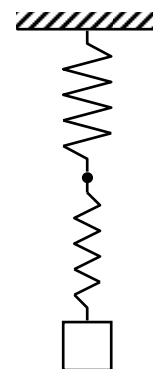
Опишите колебания груза, подвешенного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 4

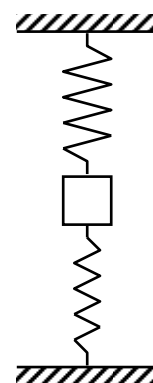
Опишите колебания груза, подвешенного к пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 5

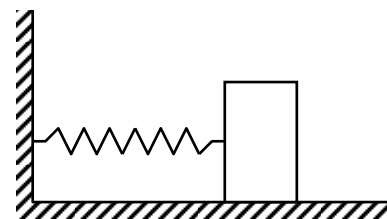
Опишите колебания груза, подвешенного к пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 6

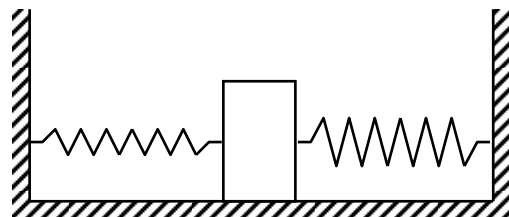
Опишите колебания груза, прикрепленного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 7

Опишите колебания груза, прикрепленного к двум пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний,

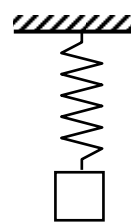


максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.

Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 8

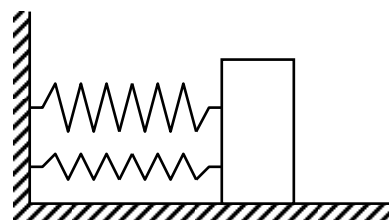
Опишите колебания груза, подвешенного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 9

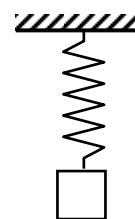
Опишите колебания груза, прикрепленного к двум пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 10

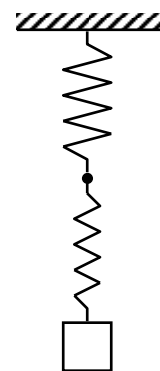
Опишите колебания груза, подвешенного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало апериодическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 11

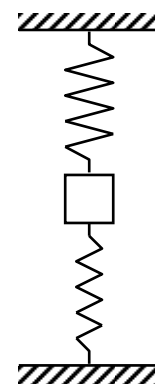
Опишите колебания груза, подвешенного к пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало апериодическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 12

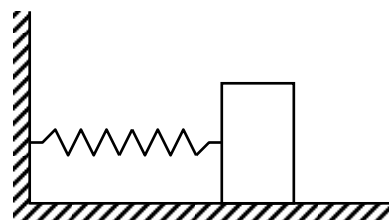
Опишите колебания груза, подвешенного к пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало апериодическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 13

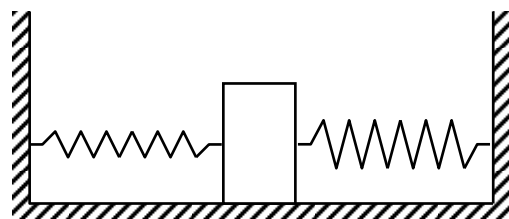
Опишите колебания груза, прикрепленного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 14

Опишите колебания груза, прикрепленного к двум пружинам. Массу груза m , коэффициенты жесткости пружин c_1 и c_2 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний,

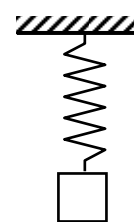


максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.

Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Вариант 15

Опишите колебания груза, подвешенного к пружине. Массу груза m , коэффициент жесткости пружины c_1 , коэффициент вязкого сопротивления μ и начальные условия взять из таблицы. Определите частоту, период колебаний, максимальное отклонение от положения равновесия, декремент колебаний, логарифмический декремент колебаний, время релаксации, добротность колебательной системы. Постройте график колебаний, на котором укажите период, амплитуду колебаний и начальное положение.



Измените коэффициент вязкого сопротивления так, чтобы движение стало аperiodическим. Постройте новый график и сделайте выводы о том, как влияет вязкое сопротивление на процесс колебаний.

Таблица 1 – Исходные данные (подгруппа А)

№ варианта	Масса груза	Коэффициенты жесткости		Коэффициент вязкого сопротивления	Начальные условия	
	m, кг	c ₁ , Н/м	c ₂ , Н/м	μ, Н·с/м	y ₀ , м	V ₀ , м/с
1	11	120	420	2	0	0,6
2	20	200	150	2,2	0,1	-0,2
3	4	400	130	3,1	0,2	0,3
4	6	600	200	4	0,5	0
5	8	300	460	1,6	0,3	-0,5
6	10	410	400	8	0,2	0,9
7	3	220	280	3,4	0,3	-0,2
8	5	350	400	4,2	0	0,3
9	1,5	160	240	1,8	0,4	0,6
10	7	260	410	2,6	0,2	-0,6
11	2	180	500	0,8	0,3	0
12	12	300	520	1,1	0	0,5
13	6	280	140	4	0,5	-0,7
14	3	450	150	5,4	0,8	0,4
15	1	150	180	6	0,2	0,8

Таблица 2 – Исходные данные (подгруппа Б)

№ варианта	Масса груза	Коэффициенты жесткости		Коэффициент вязкого сопротивления	Начальные условия	
	m, кг	c ₁ , Н/м	c ₂ , Н/м	μ, Н·с/м	y ₀ , м	V ₀ , м/с
1	4	200	310	3,5	0,2	-0,3
2	2,5	600	240	3,6	0,3	0,5
3	4	180	330	1,7	0,4	0,5
4	15	120	500	8,6	0,2	-0,6
5	10	100	420	6,7	0,4	0
6	1	410	630	3,9	0,8	0,4
7	4,5	410	510	1,2	0,6	-0,6
8	16	220	300	2,3	0,1	0,5
9	20	350	320	6,2	0,4	-0,6
10	2	170	650	1,8	0	0,2
11	5	520	140	3,8	0,2	0,4
12	6	450	220	2,9	0,6	0,4
13	5	260	140	5,1	0,5	0,9
14	20	260	310	6,4	0,6	-0,4
15	9	380	160	8,4	0	0,6

6 Требования к отчету по лабораторной работе

Отчет оформляется на сброшюрованных листах формата А4 в соответствии с требованиями СТО АлтГТУ 12 570-2013 «Общие требования к текстовым, графическим и программным документам». Отчет должен включать следующие структурные элементы:

- а) титульный лист (в соответствии с формой приложения А);
- б) цель работы;
- в) исходные данные;
- г) результаты расчетов и графики колебаний;
- д) выводы.

7 Контрольные вопросы

1. Приведите примеры колебательных процессов в технике, природе и быту.
2. Как называется сила, действие которой приводит к колебаниям?
3. Сформулируйте определение и поясните физический смысл термина «частота колебаний».
4. Сформулируйте определение и поясните физический смысл термина «период колебаний». Покажите эту величину на графике колебаний.
5. Сформулируйте определение и поясните физический смысл термина «амплитуда колебаний». Покажите эту величину на графике колебаний.
6. Запишите дифференциальное уравнение, описывающее затухающие колебания материальной точки.
7. Запишите в общем виде закон затухающих колебаний.
8. Как определяется циклическая частота затухающих колебаний?
9. Как определяется период затухающих колебаний?
10. Как определяется амплитуда затухающих колебаний?
11. Как определяется начальная фаза затухающих колебаний?
12. Поясните физический смысл термина «декремент колебаний». Как определяется декремент колебаний? Как его определить с помощью графика колебаний?
13. Поясните физический смысл термина «добротность колебательной системы». Как определяется добротность?
14. Поясните физический смысл термина «время релаксации». Как определяется время релаксации?
15. Как определяется коэффициент жесткости эквивалентной пружины при параллельном соединении двух пружин?
16. Как определяется коэффициент жесткости эквивалентной пружины при последовательном соединении двух пружин?
17. В чем принципиальное отличие фазового портрета для точки, совершающей свободные колебания, и точки, совершающей затухающие колебания?
18. При каких условиях затухающие колебания переходят в аperiodическое движение?

Список литературы

1. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов. – М. : Высш. шк., 2010. – 415 с.: ил.
2. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. – М. : Интеграл - Пресс, 2006. – 603 с.: ил.
3. Гейм, Ю. А. Учебное пособие по теоретической механике. Решение задач. Часть II (динамика точки) / Ю. А. Гейм, К. А. Мухопад. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2002. - 51 с.: ил.

4. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : [учебное пособие для вузов] / Я. Г. Пановко. – М. : Наука, 1991. – 255 с.: ил.
5. Старжинский, В. М. Теоретическая механика : краткий курс по полной программе вузов / В. М. Старжинский. – М. : Наука, 1980. – 464 с.: ил.

Приведенная литература имеется в библиотеке АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа отчета о лабораторной работе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Факультет специальных технологий

Кафедра теоретической механики и механики машин

Отчет защищен с оценкой _____

(подпись преподавателя) (и.о. фамилия)

« ___ » _____ 20 ___ г.

Отчет
по лабораторной работе № 2

Исследование затухающих колебаний материальной точки
по дисциплине «Теоретическая механика»

ЛР 15.03.05.01. 000 ОТ

Студент группы _____

и.о. фамилия

Преподаватель _____

должность, ученое звание

и.о. фамилия

БАРНАУЛ 20 ____

Константин Алексеевич Мухопад

**Исследование затухающих колебаний
материальной точки**

Методические указания к выполнению
лабораторной работы по теоретической механике

Издано в авторской редакции

Подписано в печать _____. Формат _____.
Печать – цифровая. Усл.п.л. _____.
Тираж 24 экз. Заказ 2015 – _____

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46,
<http://izdat.secna.ru>

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ,
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
тел. : (8-3852) 29-09-48

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД №28-35 от 15.07.1997 г.